

**This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

**Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.**

**Defects in the images may include (but are not limited to):**

- **BLACK BORDERS**
- **TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- **FADED TEXT**
- **ILLEGIBLE TEXT**
- **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- **COLORLED PHOTOS**
- **BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS**
- **GRAY SCALE DOCUMENTS**

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-036170

(43)Date of publication of application : 09.02.2001

(51)Int.Cl.

H01S 3/06

G02B 6/08

(21)Application number : 11-210285

(71)Applicant : HOYA CORP

(22)Date of filing : 26.07.1999

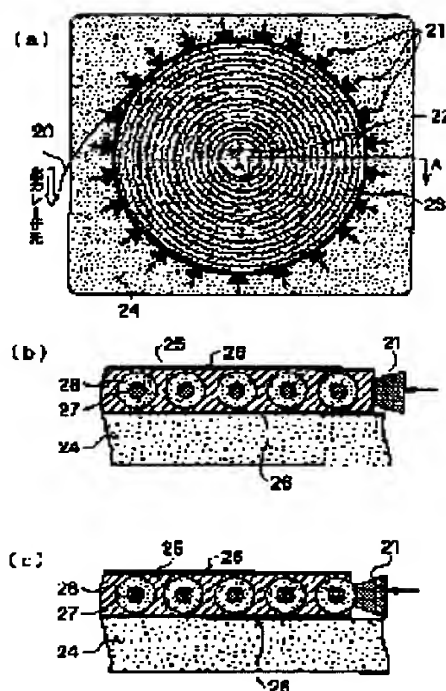
(72)Inventor : TANAKA AKIYOSHI  
ITO KATSUHISA

## (54) MANUFACTURE OF OPTICAL MEDIUM, LASER DEVICE AND OPTICAL AMPLIFIER

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve a fiber laser output, while facilitating its manufacturing.

SOLUTION: The surface of an optical fiber composed of a doped core 27 and a fiber clad 28 is covered previously with a thermoplastic resin 25 transmitting a pumping light, and a laser fiber 23 is formed. The laser fiber 23 is wound into a spiral shape. The resin 25 is heated and cured, thereby forming an optical medium in which the fiber 23 is mutually fusion-welded integrally. A plurality of lens ducts 21 with pumping light LDs which introduce pumping light in the dope core 27 via the resin 25 and the fiber clad 28 are fixed on the outer peripheral part of the spiral type optical medium. An output lead-out fiber 20 leading out an amplified laser light is fixed to one end portion of the laser fiber 23. A reflecting mirror 22 reflecting a laser light is fixed to the other end portion.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japanese Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-36170

(P2001-36170A)

(43)公開日 平成13年2月9日(2001.2.9)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テーマコード(参考)

H 0 1 S 3/06

H 0 1 S 3/06

B 2 H 0 4 6

G 0 2 B 6/08

G 0 2 B 6/08

5 F 0 7 2

審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 8 頁)

(21)出願番号

特願平11-210285

(22)出願日

平成11年7月26日(1999.7.26)

(71)出願人 000113263

ホーヤ株式会社

東京都新宿区中落合2丁目7番5号

(72)発明者 田中 彰美

東京都新宿区中落合2丁目7番5号 ホーヤ株式会社内

(72)発明者 伊東 勝久

東京都新宿区中落合2丁目7番5号 ホーヤ株式会社内

(74)代理人 100091362

弁理士 阿仁屋 節雄 (外2名)

Fターム(参考) 2H046 AA05 AB12 AC02 AD22

5F072 AB08 AK06 JJ02 JJ04 JJ12

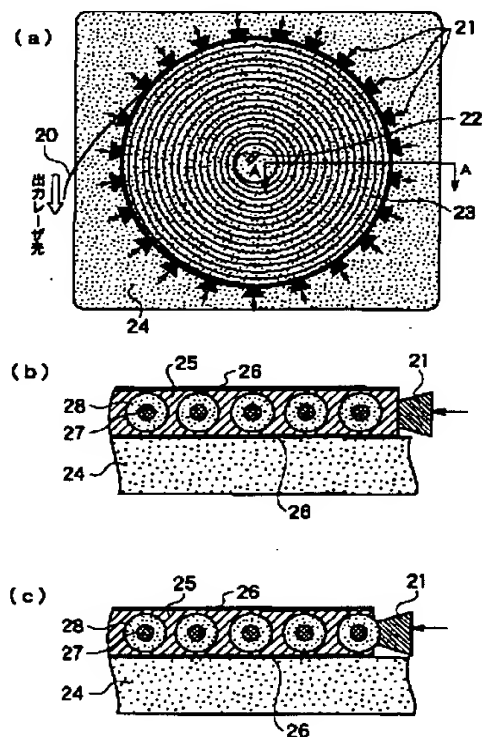
PP07 SS01 YY06 YY17

(54)【発明の名称】 光学媒体の製造方法、レーザ装置の製造方法、光増幅器の製造方法

(57)【要約】

【課題】 作製方法が容易でありながら、ファイバレーザ出力を向上させることを可能とする。

【解決手段】 励起光を透過する熱可塑性樹脂25を、ドープコア27及びファイバクラッド28からなる光ファイバの表面に予め被覆してレーザファイバ23を形成する。このレーザファイバ23を渦巻き状に巻回し、熱可塑性樹脂25を加熱、硬化してレーザファイバ23同士が融着一体化した光学媒体を形成する。渦巻き状の光学媒体の外周囲に、熱可塑性樹脂25、ファイバクラッド28を介してドープコア27に励起光を導入する複数の励起光LD付レンズダクト21を取り付ける。レーザファイバ23の一端部に、増幅されたレーザ光を取り出す出力取出しファイバ20を取り付け、他端部にレーザ光を反射するミラー22を取り付ける。



**【特許請求の範囲】**

【請求項1】 活性物質を含む長尺の導光体が繰り返し折り返されるか、または巻回された状態で樹脂により所定の形状に固められ、前記樹脂を介して導光体側面より入射する励起光を活性物質が吸収して導光体端部よりレーザ光または増幅された光を出力する光学媒体の製造方法において、

前記樹脂として励起光を透過する熱可塑性樹脂を使用し、前記樹脂をそのガラス転移温度以上に加熱して、互いが密着している状態で導光体と樹脂を前記所定の形状にした後、樹脂を硬化して光学媒体を得ることを特徴とする光学媒体の製造方法。

【請求項2】 前記導光体が光ファイバであることを特徴とする請求項1に記載の光学媒体の製造方法。

【請求項3】 前記樹脂として、前記光ファイバの最外層の屈折率と等しいか、または略等しい屈折率を有する樹脂を使用することを特徴とする請求項2に記載の光学媒体の製造方法。

【請求項4】 前記導光体が光ファイバのコアであり、前記樹脂の屈折率が前記コアの屈折率より小さいことを特徴とする請求項1に記載の光学媒体の製造方法。

【請求項5】 熱融着または熱成型によって、導光体と樹脂を前記所定の形状にすることを特徴とする請求項1～4のいずれか一項に記載の光学媒体の製造方法。

【請求項6】 前記熱融着時の減圧または加圧熱成型によって、前記樹脂中の泡を除去することを特徴とする請求項5に記載の光学媒体の製造方法。

【請求項7】 不活性ガス雰囲気において、樹脂を加熱し、導光体と前記樹脂を前記所定の形状にすることを特徴とする請求項1～6のいずれか一項に記載の光学媒体の製造方法。

【請求項8】 前記樹脂を予め導光体に被覆し、この導光体を繰り返し折り返すかまたは巻回し、加熱して前記所定の形状を得ることを特徴とする請求項1～7のいずれかに記載の光学媒体の製造方法。

【請求項9】 前記導光体の線引き、導光体への液状樹脂の塗布、液状樹脂の光重合および／または熱重合による被覆形成をインラインで行うことを特徴とする請求項8に記載の光学媒体の製造方法。

【請求項10】 樹脂を硬化させた後、前記樹脂の表面の少なくとも一部（励起光を反射する面）に研磨を施すことを特徴とする請求項1～9のいずれか一項に記載の光学媒体の製造方法。

【請求項11】 請求項1～10のいずれか一項に記載の方法で光学媒体を作製し、前記活性物質を励起するための励起光が前記光学媒体の導光体側面より入射して活性物質に吸収されるように励起光源を設けて、導光体の端部よりレーザ光を出力する装置を得るレーザ装置の製造方法。

【請求項12】 請求項1～10のいずれか一項に記載の

方法で光学媒体を作製し、前記活性物質を励起するための励起光が前記光学媒体の導光体側面より入射して活性物質に吸収されるように励起光源を設けて、導光体の端部より増幅された光を出力する光増幅器を得る光増幅器の製造方法。

**【発明の詳細な説明】****【0001】**

【発明の属する技術分野】 本発明は、光学媒体の製造方法、レーザ装置の製造方法、光増幅器の製造方法に係り、特に光ファイバレーザ発振器または光導波路レーザ発振器に好適なものに関する。

**【0002】**

【従来の技術】 光通信またはレーザ加工の分野では、より高出力でより安価なレーザ装置の開発が望まれているが、従来よりこの要請を満たせる可能性の高いものとして光ファイバレーザ装置が知られている。光ファイバレーザ装置は、コア径並びに、コアとクラッドの屈折率差等を適切に選定することで比較的簡単に高品質のレーザ光が得られる。また、光を高密度に閉じこめることでレーザ活性物質と光との相互作用を高められる。かつ、光ファイバの長さを長くすることで相互作用長を大きくとれるので高い効率で空間的に高品質のレーザ光を発生することが出来る。従って質の良いレーザ光を比較的安価に得ることが出来る。

【0003】 ここで、レーザ光のさらなる高出力化または高効率化を実現するには、光ファイバのレーザ活性イオンまたは色素、その他の発光中心（以下、レーザ活性物質という）の添加領域（通常はコア部）に効率よく励起光を導入する必要がある。ところが、通常、単一モードの導波条件を満たすようにコア径を設定すると、その径は十数 $\mu\text{m}$ 以下に限定されるので、この小さなコア径に効率よく励起光を導入するのは一般的に困難である。これを改善する手段として、2重クラッド型ファイバレーザが提案されている（たとえば：H. Zellmer, U. Wilamowski, A. Tunnermann, and H. Welling, Optics Letters. Vol. 20, No. 6, pp. 578-580, March, 1995., など）。

【0004】 2重クラッド型ファイバレーザでは、コア部の周りに、コア部より屈折率の低い第一のクラッド部があり、その外側にさらに屈折率の低い第二のクラッド部を設けたものである。これにより、第一のクラッド部に導入された励起光は、第一のクラッド部と第二のクラッド部の屈折率差による全反射により、第一のクラッド部に閉じこめられた状態を保ちながら伝搬する。この伝搬の際に励起光はコア部を繰り返し通過し、コア部のレーザ活性物質を励起することになる。第一のクラッド部はコア部よりも約数百倍の大きな面積を持つため、より多くの励起光を導入することが可能になり高出力化が可能になる。

**【0005】**

【発明が解決しようとする課題】2重クラッド型ファイバレーザは、発振効率が高く、また発振横モードが単一でしかも安定であるという利点を持ち、レーザダイオード（以下LD）を使って数ワットから10ワット程度の出力が得られるので、それ以前のコア励起型のファイバレーザに比べるとはるかに高出力化が実現されたと言える。

【0006】しかしながら、上述の2重クラッド型ファイバレーザでは、ファイバの一端または両端部からの端面励起であるので、励起用LDの数を増やせないという問題点がある。つまり2重クラッドファイバレーザで高出力レーザ光を得るためには、導入するLDの高出力化が必須であるといえる。

【0007】この欠点を克服する方法として、2重クラッド型ファイバレーザを複数本束ねて高出力化を図る方法が挙げられ、平均出力は束ねた本数分だけ増やすことが出来るが、コアに比べてはるかに大きいクラッド部（直径で約100倍）が、それぞれのコア部に付いているため、発光点であるコア部が広く空間に点在する形となって輝度は低下してしまうという問題点がある。つまりファイバレーザを複数本束ねるだけでは、レーザ光の集光性が良くない。

【0008】そこで、ファイバが円板状または円柱状の領域内に繰り返し折り返されるか、巻回されて配置された構造で、この円板状または円柱状の構造のファイバレーザの周囲から複数のLD光源を励起光として入射して、レーザ出力を向上するレーザ装置の提案がなされている（例えば、特開平10-135548号公報、特開平10-190097号公報）。

【0009】しかし、これらの提案のレーザ装置では、これらを製造する場合、ファイバを円板状または円柱状にした後、それらの形状を保持するために、樹脂に浸して硬化させるようにしているので、製作が困難であるうえ、任意の形状に固め難いという欠点があった。

【0010】本発明の課題は、集光性に優れ、出力や横モードが熱的に安定であるといったファイバレーザを利用して、上述した従来技術のファイバレーザの高出力化、集光性、および製作上の問題点を解消して、作製方法が容易でありながら、レーザ出力を向上させることが可能な光学媒体の製造方法、レーザ装置の製造方法、光増幅器の製造方法を提供することにある。

【0011】

【課題を解決するための手段】第1の発明は、活性物質を含む長尺の導光体が繰り返し折り返されるか、または巻回された状態で樹脂により所定の形状に固められ、前記樹脂を介して導光体側面より入射する励起光を活性物質が吸収して導光体端部よりレーザ光または増幅された光を出力する光学媒体の製造方法において、前記樹脂として励起光を透過する熱可塑性樹脂を使用し、前記樹脂をそのガラス転移温度以上に加熱して、互いが密着して

いる状態で導光体と樹脂を前記所定の形状にした後、樹脂を硬化して光学媒体を得ることを特徴とする光学媒体の製造方法である。

【0012】本発明は、ファイバが円板状または円柱状の領域内に繰り返し折り返されるか、巻回されて配置された構造で、この円板状または円柱状の構造のファイバレーザの周囲から複数のLD光源を励起光として入射する事が可能となり、レーザ出力を向上することが出来る。

【0013】ファイバレーザ用ファイバを、このような円板状あるいは円柱状の形態に成型するためには、ファイバ同士を接合あるいは融着して所望の形状に一体化する必要がある。この成型の方法として、容易に想像できるのはガラスを主成分とするファイバを熱融着する、という方法であるが、ガラス材料のみで構成されたファイバであった場合、熱変形温度が数百℃以上と高いため成型工程が容易でないことや、成型工程で入る可能性の高いキズ等の影響で成型中でのファイバ破損の危険性も高い。そこで、一般には、ファイバ強度を向上させるために樹脂被覆を行なう。

【0014】本発明の特徴は、前記ファイバ被覆用の樹脂材料に熱成型が容易な熱可塑性光学樹脂を用いることである。さらに後述するファイバのスタート材料であるファイバブリフォームからのファイバ化する工程で、ファイバ表面に熱可塑性光学樹脂をインライン被覆できるため、容易に目的とするレーザファイバを作製することができる。また、通常、熱可塑性樹脂においては200℃以下程度の低温での熱変形が起こるため、上述のような円板状あるいは円柱状構造のファイバレーザに熱成型することが容易である。

【0015】フェノール系樹脂やメラミン系樹脂等は架橋点を持つ熱硬化性樹脂であり、これら熱硬化樹脂は加熱温度を徐々に上昇させると若干流動性が得られるが、その後直ちに熱硬化が開始、促進し、熱成型が困難な樹脂である。一方、熱可塑性樹脂では高温にすると樹脂変形が起こり、再び冷却すると変形させた構造を保ったまま固化する特性を有するため、容易に熱成型可能である。

【0016】熱可塑性を有する代表的な樹脂としては、アクリル系樹脂、ポリカーボネート樹脂、ポリエチレン系樹脂、ポリスチレン系樹脂、塩化ビニル系樹脂、エポキシ系樹脂等の線状構造を持つ高分子であり、本目的に合致した樹脂である。

【0017】これら熱可塑性樹脂は熱変形を開始する温度、つまりガラス転移温度が100℃前後であるため、熱可塑性樹脂被覆ファイバを円板状あるいは円柱状に巻回し、100℃程度に加熱することによりファイバ同士が融着される。また、熱成型させる状態として、被覆樹脂を適当な粘度に低下させることによって、さらに容易にファイバ融着が可能になる。その後、ガラス転移温度以下

まで冷却することによって、高出力レーザ光を発生させることが可能なファイバレーザ装置を得ることができる。

【0018】第2の発明は、第1の発明において、前記導光体が光ファイバであることを特徴とする光学媒体の製造方法である。導光体をコア及びクラッドが一体となった光ファイバで構成すると、集光性に優れ、出力や横モードが熱的に安定な光学媒体を製造することができる。

【0019】第3の発明は、第2の発明において、前記樹脂として、前記光ファイバの最外層の屈折率と等しいか、または略等しい屈折率を有する樹脂を使用することを特徴とする光学媒体の製造方法である。樹脂として、光ファイバの最外層の屈折率と等しいか、または略等しい屈折率を有するものを使用すると、樹脂を通して光ファイバの最外層内に光を容易に導入できる。

【0020】第4の発明は、第1の発明において、前記導光体が光ファイバのコアであり、前記樹脂の屈折率が前記コアの屈折率より小さいことを特徴とする光学媒体の製造方法である。導光体を光ファイバの一部を構成するコア部材で構成し、樹脂の屈折率をコアの屈折率より小さくしてクラッド部材として機能させると、光学媒体の製造方法が一層容易になるうえ、光をコアに高密度に閉じこめることができる。

【0021】第5の発明は、第1～第4の発明において、熱融着または熱成型によって、導光体と樹脂を前記所定の形状にすることを特徴とする光学媒体の製造方法である。導光体間に成形容易な樹脂が介在するので、光学媒体を所定形状にする方法に熱融着または熱成型というありふれた成形法が採用できる。

【0022】第6の発明は、第5の発明において、融着時の減圧または加圧熱成型によって、前記樹脂中の泡を除去することを特徴とする光学媒体の製造方法である。融着時の減圧または加圧成型によって、樹脂中の泡を容易に除去することができる。

【0023】第7の発明は、第1～第6の発明において、不活性ガス雰囲気、例えば窒素ガスやアルゴンガスなどの雰囲気において、樹脂を加熱し、導光体と前記樹脂を前記所定の形状にすることを特徴とする光学媒体の製造方法である。不活性ガス雰囲気中で樹脂を加熱すると、樹脂が化学変化を起こしたり、樹脂中に不純物が混入したりしないという効果がある。

【0024】第8の発明は、第1～第7の発明において、前記樹脂を予め導光体に被覆し、この導光体を繰り返し折り返すかまたは巻回し、加熱して前記所定の形状を得ることを特徴とする光学媒体の製造方法である。樹脂を予め導光体に被覆しておく、後に樹脂を被覆しなくても済むので、光学媒体に所定形状を得るための成形が容易となる。

【0025】第9の発明は、第8の発明において、前記

導光体の線引き、導光体への液状樹脂の塗布、液状樹脂の光重合および／または熱重合による被覆形成をインラインで行うことを特徴とする光学媒体の製造方法である。樹脂の被覆形成をインラインで行うと、光学媒体に所定形状を得るための成形が一層容易となる。

【0026】第10の発明は、第1～第9の発明において、樹脂を硬化させた後、前記樹脂の表面の少なくとも一部（励起光を反射する面）に研磨を施すことを特徴とする光学媒体の製造方法である。樹脂の表面自体が励起光を反射する面となる場合も、樹脂の表面に励起光を反射する外部樹脂を別に被覆する場合もある。樹脂の表面の少なくとも一部とは、レーザ光出力取り出しのための導光体の端面、光を反射する導光体の端面、励起光を導入する導光体の外周面などである。このような部分に研磨を施して励起光を反射する面または外部樹脂を除去するだけの簡単な方法で、レーザ光の出力取り出し、端面での光反射、励起光の導入の効率をアップさせることができる。

【0027】第11の発明は、第1～第10の発明のいずれかの方法で光学媒体を作製し、前記活性物質を励起するための励起光が前記光学媒体の導光体側面より入射して活性物質に吸収されるように励起光源を設けて、導光体の端部よりレーザ光を出力する装置を得るレーザ装置の製造方法である。光学媒体の導光体側面から、より多くの励起光を入射するので、高出力レーザ光が得られる。

【0028】第12の発明は、第1～第10の発明のいずれかの方法で光学媒体を作製し、前記活性物質を励起するための励起光が前記光学媒体の導光体側面より入射して活性物質に吸収されるように励起光源を設けて、導光体の端部より増幅された光を出力する光増幅器を得る光増幅器の製造方法である。光学媒体の導光体側面から、より多くの励起光を入射するので、より高い増幅度が得られる。

【0029】

【発明の実施の形態】以下に本発明の実施の形態を説明する。

【0030】まず、レーザ活性物質である希土類イオンを含むコア層の外層が石英ガラスクラッド層からなる石英ガラスファイバプリフォームロッドを作製する。ただし、ここでは石英ガラスファイバについて説明するが、材料としては石英ガラスに限るものではなく、またレーザ活性物質を含むガラスだけから構成されるクラッド層がないファイバプリフォームでも構わない。この石英ガラスファイバプリフォームをガラスファイバ線引き装置によってファイバ化する。

【0031】この工程を図3を用いて説明する。ここで、ファイバ線引き装置はタワー型の構造をしており、一般的な構成として、タワー上部から石英ファイバプリフォーム11を装着するファイバプリフォーム装着部1

0、プリフォーム11を加熱して線引して細径化する加熱炉12、熱可塑性モノマー液などの熱可塑性透明樹脂液14を充填して線引されたファイバ11aに塗布する被覆材用樹脂モノマー充填カップ15、樹脂被覆用光または熱重合装置からなりファイバ11aに塗布された被覆を硬化させる樹脂被覆部16、熱可塑性樹脂被覆ファイバ11bを引き取るキャブスタンなどのファイバ引取部17、及び樹脂被覆ファイバ11bをレーザファイバ用ファイバ11cとして巻き取るファイバ巻取り部18からなる。

【0032】なお、加熱炉12と被覆材用樹脂モノマー充填カップ15との間、および樹脂被覆部16と引取部17との間にそれぞれ設けられている外径測定装置13は、線引ファイバ11aまたは樹脂被覆ファイバ11bの外径寸法を測定するためのものである。

【0033】上記石英ファイバプリフォーム11を、ファイバ線引き装置のファイバプリフォーム装着部10に装着し、加熱炉12内で加熱することによりプリフォーム11が細径化されてファイバ11aが得られる。その下部の樹脂モノマー充填カップ15に熱可塑性透明樹脂液14である熱可塑性樹脂モノマー液を注入する。熱可塑性樹脂モノマーとしては、メタクリル酸、スチレン、ウレタンアクリレート、ビスヒドロキシプロパン、エポキシプロパンなどがあり、場合によっては光重合開始剤または熱重合開始剤を重合促進用の添加剤として加える。

【0034】重合、硬化後の樹脂は0.6~1.0 $\mu\text{m}$ の波長のうちの少なくともいずれか一個所の波長の光を損失50dB/m以下で透過する透明性を有している事が必要である。また、硬化後の樹脂の屈折率が被覆対象であるレーザファイバのクラッドガラスの屈折率とほぼ近接した値(-3%~+3%の範囲)を持つ事が好ましい。樹脂モノマーが被覆されたファイバが、その下部の樹脂被覆部16を通過することにより、熱可塑性樹脂被覆ファイバ11bが得られ、ファイバ引取部17の引取速度の調節によってファイバ径を制御して所望のレーザファイバ用ファイバ11cを得ることができる。

【0035】本レーザファイバ用ファイバ11cを、例えば図1に示すように樹脂被覆部の熱可塑性樹脂25が互いに接触するように渦巻き状に巻き回す。この状態を保持したまま、樹脂の熱変形温度、例えばアクリル系樹脂であれば100℃前後に加熱すると樹脂25同士が熱融着する。さらに熱成型時の粘性として、適当な粘度まで低下させた方が容易に熱融着され、粘性値としては $10^4 \sim 10^8 \text{poise}$ 、好ましくは $10^5 \sim 10^7 \text{poise}$ がよい。これら粘性と温度の関係は樹脂の種類によって異なるが、例えば、ポリメタクリル酸メチルの場合、200℃程度で約 $5 \times 10^4 \text{poise}$ 、ポリカーボネートの場合、270℃程度で約 $5 \times 10^4 \text{poise}$ 、ポリスチレンの場合、180℃程度で約 $5 \times 10^4 \text{poise}$ 、などの熔融粘度を持つ。

【0036】ただし、これら熔融状態に近い高温での熱成型の場合、成型時のガス雰囲気、特に酸素ガスによる分解、またはさらなる高温処理の場合の熱分解などを起こす可能性が高いため、樹脂が分解を起こさない条件下での熱成型が必要である。これら、加熱成型後、冷却することによって、ファイバレーザ用ファイバが所望の形状に成型され、その後、励起光を導入するための光学部品を取り付けた後、少なくとも樹脂被覆の屈折率よりも低い屈折率を持つ透明弗素樹脂を励起光反射膜として塗布することで、高出力レーザ光が得られるファイバレーザ装置を得ることができる。

【0037】実施の形態によれば、ファイバ表面に熱可塑性光学樹脂を被覆して、ファイバ同士を接合あるいは融着して所望の形状に一体化できるようにしたので、作製方法が容易でありながら、ファイバレーザ出力を向上させることが可能である。

【0038】

【実施例】本実施例は、レーザ活性物質がコアに添加された長尺の連続したファイバに励起光を透過する熱可塑性の樹脂を被覆したファイバを折り返したり、丸めたり、巻き付けたりするなどして任意の形状(所定の形状)を形成し、これに励起光を導入するための光学部品等が設置されている形態を有する。

【0039】(実施例1) コア径50 $\mu\text{m}$ 、クラッド径125 $\mu\text{m}$ 、開口数0.2の石英系ガラスファイバでコア内部に0.2at%のNd<sup>3+</sup>イオンをドープしたレーザファイバを線引き装置で線引きし、この時ファイバにはガラス転移温度105℃、波長0.4~1.1 $\mu\text{m}$ まで透明、屈折率1.46のフルオロアクリレート系紫外線硬化樹脂をインラインでコーティングした。コーティングの厚さは20 $\mu\text{m}$ であった。樹脂はクラッドと等価にするために、その屈折率はクラッドの屈折率と等しいか、または略等しい。このレーザファイバ23を用いて図1に示すように外周100mm $\phi$ の渦巻状(1層)にして透明弗素樹脂の薄板を乗せた金属板24、例えば金めっき金属板の上に設置し、上からやはり透明弗素樹脂の薄板(図示略)をかぶせて真空加熱装置(図示略)の中へ収めた。第2クラッドとなる透明弗素樹脂の屈折率1.33は、第1クラッドとなるファイバクラッド28、及び第1クラッドと等価なフルオロアクリレート系紫外線硬化樹脂の屈折率よりも小さい。

【0040】真空加熱装置で減圧にしながら温度を150℃に上昇させてファイバ同士を融着させ同時に泡を抜いた。その後、室温に戻して渦巻きの外周囲(外周部端面)を研削、研磨し、ファイバの一方の端部に出力取り出しのためのファイバ20を融着し、他方の端部には波長1.06 $\mu\text{m}$ の光を99.9%反射するミラー22を取り付けた。ミラー22は多層膜コートで構成することができる。そして渦巻きの外周囲の樹脂表面の励起光を反射する面に研磨を施して、透明弗素樹脂からなる励起光反射層26を取り除き、露出した透明熱可塑性樹脂25の表



面にレンズダクト21を設置し、各レンズダクト21にはそれぞれ励起光LDのヘッドを取り付けた。図示例では励起光LD付レンズダクトを取り付けている(図1(b))。図1(b)において、27はドープコア、28はファイバクラッドである。なお、渦巻き外周囲の研削、研磨は最外周に位置するファイバクラッド28の面が露出するまで行って、露出したファイバクラッド28に励起光LD付レンズダクト21を直接取り付けてもよい(図1(c))。

【0041】渦巻きの外周囲から励起光が熱可塑性樹脂25またはファイバクラッド28内に導入されると、導入された励起光は、渦巻きの上下に設けた励起光反射層(透明弗素樹脂)26によって反射され、熱可塑性樹脂25およびファイバクラッド28内をジグザグに進行しながら渦巻き状に巻回してドープコア27に吸収されてレーザ発振がなされる。LDヘッドの個数は23個、各LDから20Wの励起光を同時に入射したところ、ファイバ20の端面から出力180Wの波長1.06 $\mu\text{m}$ のレーザ発振が確認された。ファイバの他方の端面にミラー22に代えて信号光の入力ポートを設ければ、出力取り出しのためのファイバ20から増幅された信号光を出力する光増幅器として機能する。

【0042】(実施例2) コア径50 $\mu\text{m}$ 、クラッド径125 $\mu\text{m}$ 、開口数0.2の石英系ガラスファイバでコア内部に0.2at%のNd<sup>3+</sup>イオンをドープしたレーザファイバを線引き装置で線引きし、この時ファイバにはガラス転移温度70℃、波長0.4~1.1 $\mu\text{m}$ まで透明、屈折率1.49のアクリレート系紫外線硬化樹脂をインラインでコーティングした。コーティングの厚さは20 $\mu\text{m}$ であった。

【0043】図2に示すように、このファイバ33を用いて外周100mm $\phi$ のファイバ巻き付け用円筒(金コートの上に透明弗素樹脂が塗布されている)31に巻き付けた。円筒31の下部に、内径がファイバ巻き付け用円筒31の外径とほぼ同じ基盤用リング34を設置し、その基盤用リング34の上に、巻き付けたファイバ35が来るようにする。巻き付け部の上から円筒31に自由に上下にスライドできる重石用のリング32を設置し、加熱装置の中へ収めた。加熱装置内部は窒素ガスで満たした。そして温度を120℃に上昇させてファイバ同士を融着させ、重石用リング32の圧力により泡を抜いた。その後室温に戻して重石用のリング32を外し、ファイバ巻き付け部の上部外周囲に22個のプリズム(図示略)を接着してそれぞれ励起光LDのヘッド(図示略)を取り付けた。そして、ファイバ巻き付け部の側面には屈折率1.33の透明弗素樹脂をコーティングした。

【0044】出力取り出し用のファイバの一方の端面には波長1.06 $\mu\text{m}$ の光を99.9%反射するミラーを取り付け、各LDから20Wの励起光を同時に入射したところ、ファイバの他方の端面から出力180Wの波長1.06 $\mu\text{m}$ のレーザ発振が確認された。この場合も、ミラー22に代えて信

号光の入力ポートを設ければ、光増幅器として機能する。

【0045】(実施例3) 本実施例では上記実施例1のレーザを作成する際、ファイバ線引き工程において、樹脂被覆部の被覆材用樹脂モノマー充填カップ15の断面形状を矩形状にすることで、図4(a)に示すように、ドープコア41にファイバクラッド42を一体に形成したファイバに熱可塑性樹脂43を矩形状に被覆したものである。この様に透明熱可塑性樹脂43で被覆された断面矩形状被覆のレーザファイバ44を図4(b)に示すようにファイバ44同士を密着させるようにして円板状に成形した。この形状のまま、150℃に加熱して熱融着させると、断面円形被覆ファイバを並べて熱成型したときと比較して、ファイバ44間に気泡が残存する可能性が少なくなり、重石や真空中での加熱が必要ではなくなるので、窒素雰囲気中にて熱融着した。これによれば実施例1と同様にレーザ装置としての形態を整え、出力180Wを得る事ができた。

【0046】(実施例4) 本実施例では、実施例1の形態において、ファイバ線引き工程時に、樹脂被覆しないレーザファイバ54を作製した。このファイバ54とは別に、例えば図5(a)に示すように、ファイバ54を巻き回して整列することができるとな溝55、例えば螺旋状の半円溝を予め形成した熱可塑性光学樹脂板51を作製した。この樹脂板51上に前記被覆無しのレーザファイバ54を整列させた。さらに上面に、前記と同じ、溝51を予め形成した熱可塑性光学樹脂板51を図5(b)に示すように被せ、この形状のまま、窒素雰囲気下で150℃に加熱して熱融着させることによって、目的とする構造のファイバレーザ装置を得ることができた。

【0047】

【発明の効果】 本発明によれば、励起光を透過する熱可塑性樹脂を使用して導光体を所定の形状に成型できるようにしたので、光学媒体やレーザ装置、光増幅器の製造が容易になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 実施の形態による円板状の構造をしたファイバレーザ装置の製造方法を示す説明図で、(1)は平面図、(b)はA線断面図、(c)は表面を研磨したA-A線断面図である。

【図2】 実施の形態による円柱状の構造をしたファイバレーザ装置の製造方法を示す説明図である。

【図3】 実施の形態による石英ガラスファイバプリフォームをガラスファイバ線引き装置によってファイバ化する工程図である。

【図4】 実施の形態による光学媒体の製造方法を示す説明図である。

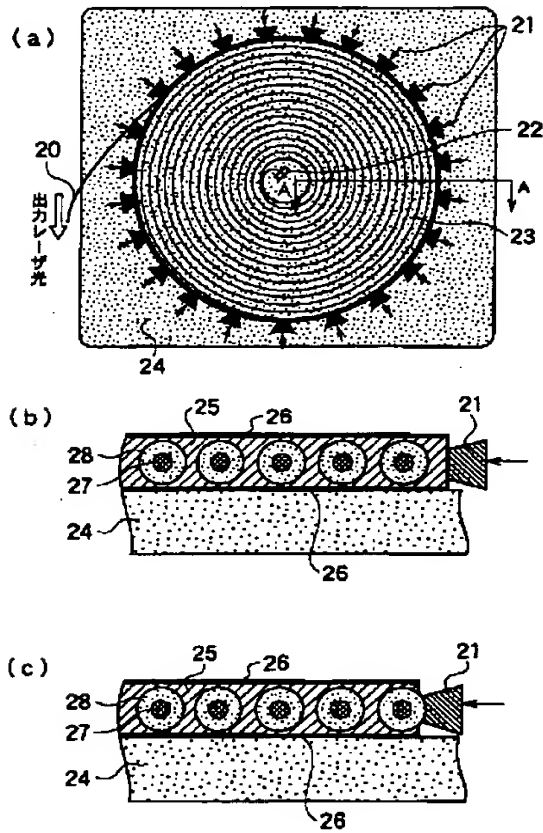
【図5】 実施の形態による他の光学媒体の製造方法を示す説明図である。

## 【符号の説明】

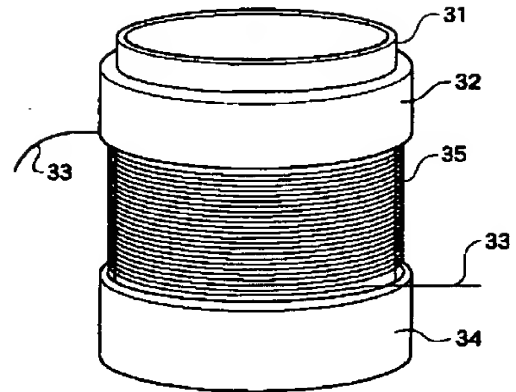
20 出力取り出しのためのファイバ  
 21 レンズダクト  
 22 ミラー  
 23 レーザファイバ

27 ドープコア  
 28 ファイバクラッド  
 25 透明熱可塑性樹脂  
 26 励起光反射層

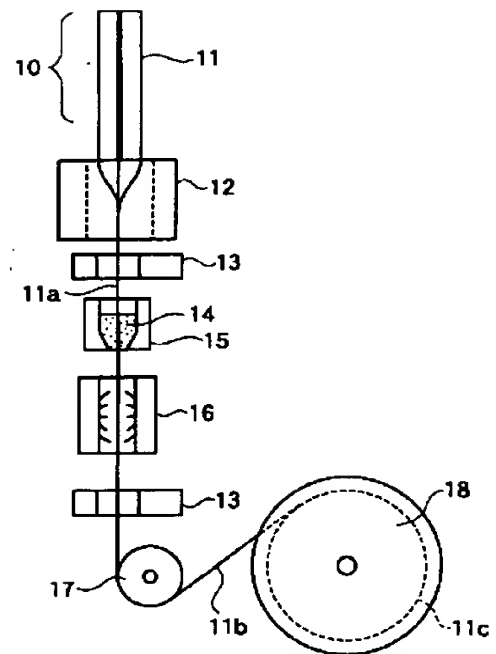
【図1】



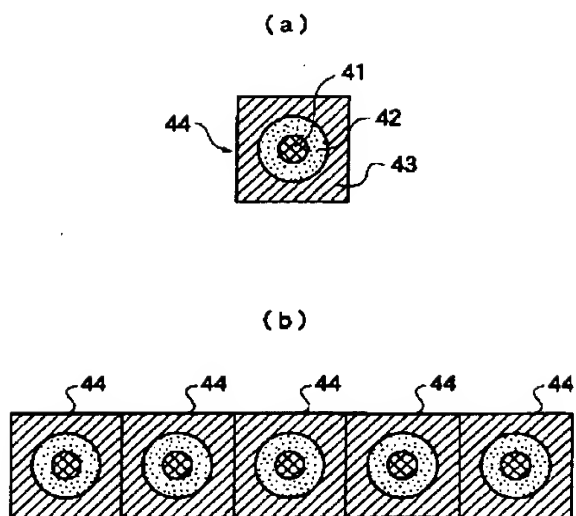
【図2】



【図3】



【図4】



【図5】

